

УДК 620.1.08

Р.В.Каньоса, студент гр. ПК-81мп

КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ДИСКРЕТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГІЛЬБЕРТА В ЧАСОВІЙ ТА ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ

Анотація. В статті описується алгоритми реалізацій перетворення Гільберта інформаційних сигналів в часовій та частотній області. Проведено аналіз методичних похибок які виникають при реалізації перетворення Гільберта за рахунок обмеженого часу аналізу сигналу. Наведено графіки залежності методичної похибки від параметри системи збирання даних.

Ключові слова: дискретне перетворення Гільберта, методична похибка.

ВСТУП

В задачах неруйнівного контролю часто виникає необхідність вимірювання амплітудних і фазових характеристик сигналів. Одним з способів отримання необхідних характеристик є застосування перетворення Гільберта.

В технічних засобах перетворення Гільберта реалізується в цифровому варіанті як дискретне перетворення Гільберта (ДПГ) [1,2]. В порівнянні з класичними методами визначення амплітуди і фази сигналів, які ґрунтуються на використанні відповідних детекторів використання ДПГ має суттєву перевагу: воно дозволяє визначити декілька поточних значень амплітуди і фази сигналу за період, кількість отримуваних значень залежить від частоти дискретизації вхідного сигналу і частоти самого сигналу. Ця властивість надає додаткові можливості для статистичного аналізу експериментальних даних.

ДПГ можна реалізувати двома способами – в частотній і часовій областях. Кожний з варіантів має свої особливості, відрізняються за складністю реалізації, часом виконання обчислювальних процедур. В наслідок обмеженого часу аналізу сигналу за допомогою ДПГ гільберт-образи сигналів отримуються з методичною похибкою. Метою роботи є дослідження методичної похибки що виникає під час реалізації ДПГ в частотній і часовій областях, та формування рекомендацій щодо їх зменшення.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Реалізація ДПГ в частотній області ґрунтується на використанні швидкого перетворення Фур'є. Реалізація передбачає:

1. Отримання спектру Фур'є досліджуваного сигналу $u[j]$, де j – номер відліку $j = 1 \dots J$;
2. Отримання спектру Фур'є гільберт-образу сигналу $u_H[j]$ шляхом перемноження спектру сигналу на комплексний коефіцієнт передачі перетворювача Гільберта;
3. Визначення гільберт-образу сигналу $u_H[j]$ через обернене перетворення його спектру.

Дослідження методичної похибки здійснювалось на тестовому гармонічному сигналі. Для такого сигналу відоме теоретичне значення гільберт-образу сигналу $u_{HT}[j]$. Методична похибка формування гільберт-образу визначалась за формулою:

$$\Delta_m = u_H[j] - u_{Hm}[j] . \quad (1)$$

В процесі моделювання параметри сигналів задавались у відносних значеннях: частота $f = 1$; частота дискретизації $f_d = \frac{\pi}{G}$, де $G=10,20,50,80,100$; амплітуда сигналу $A = 1$. Результати моделювання наведені на рис.1.

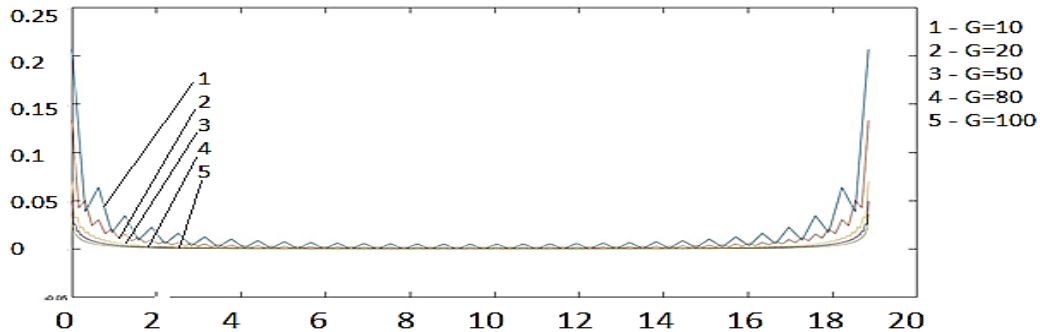


Рис.1. Графіки методичної похибки для ДПГ в частотній області

Різні криві на рис. 1 відповідають методичним похибкам отриманим від сигналів з різною частотою дискретизації. Як видно з рис.1 зі збільшенням частоти дискретизації вхідного сигналу, спостерігається збільшення крутості спаду/зростання методичної похибки на прикінцевих ділянках інтервалу спостереження. В центральній частині графіка методична похибка мінімальна, що дозволяє рекомендувати в прецезійних вимірюваннях застосовувати високу частоту дискретизації і відкидати значення гільберт-образу отримані з великою методичною похибкою.

Реалізація ДПГ в часовій області ґрунтується на визначенні значень імпульсної характеристики $h[j]$ дискретного фільтра Гільберта [3]. В цьому випадку сигнал $u_H[j]$ визначається як згортка вхідного сигналу з імпульсною характеристикою фільтра Гільберта

$$u_H[j] = h[j] \times u[j] . \quad (2)$$

В цьому досліді форма тестового сигналу та його параметри залишилися незмінними. Графік сигналів $u_H[j]$ і $u_{Ht}[j]$ наведені на рис.2.

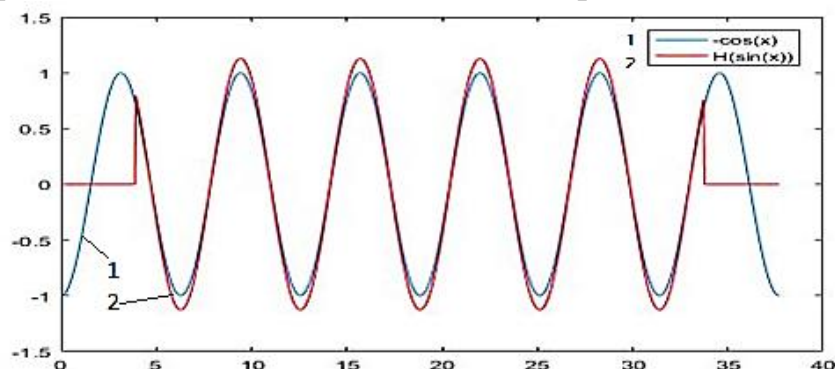


Рис.2. Графіки результатів теоретичного і реального перетворення Гільберта гармонічного сигналу

Результуючий сигнал $u_H[j]$ є дещо вкороченим у порівнянні з вхідним сигналом. Його перший ненульовий відлік визначається номером середини реалізації імпульсної характеристики фільтра Гільберта. З наведеного графіка

також видно що, результати реального перетворення Гільберта в часовій області відрізняються від теоретичних значень на деяку методичну похибку. Методична похибка визначалась за формулою (1) для центральної частини реалізації сигналу після його масштабування, що виконувалось з метою вирівнювання амплітуд сигналів. В цілому методична похибка відповідає наведеним на рис.1, значенням.

Для визначення коефіцієнту масштабування k , проведені додаткові розрахунки. Визначено, що значення k залежить від початкових параметрів процесу збору даних, а саме від обсягу довжини масиву значень імпульсної характеристики фільтра Гільберта (H), та коефіцієнту G , який визначає частоту дискретизації вхідного сигналу. Графік функції $k(H/G)$ наведено на Рис. 3

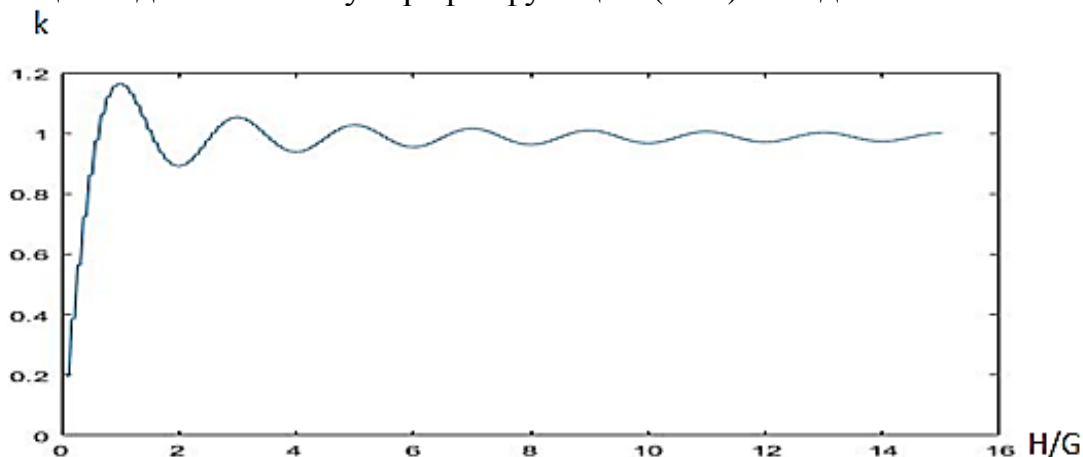


Рис.3. Графік залежності коефіцієнту відповідності від відношення параметрів ДПГ

Застосування коефіцієнта k дозволяє вирівняти масштаби теоретичного та отриманого на виході фільтра значень гільберт-образу сигналів, і на цій основі зменшити похибку визначення амплітудної та фазової характеристик сигналу.

ВИСНОВКИ

Реалізація перетворення Гільберта в дискретному варіанті можлива в частотній і часовій областях. Обмеження часу аналізу сигналів приводить до виникнення методичної похибки перетворення. Для зменшення методичної похибки дискретного перетворення Гільберта необхідно підбирати і узгоджувати значення частоти дискретизації сигналу, обсягу вибірки імпульсної характеристики ДПГ, та власне частоти сигналу. В разі реалізації в часовій області виникає додаткова похибка яка може корегуватись відповідним коефіцієнтом $k(H/G)$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Джулиус Бендат, Аллан Пирсол. Прикладной анализ случайных данных/ Джулиус Бендат, Аллан Пирсол. — М. : МИР, 1989. — 498 с.
2. Куц Ю.В., Щербак Л.М. Статистична фазометрія / Куц Ю.В., Щербак Л.М. — Т. :ТДТУ, 2009. — 384 с.
3. Ричард Лойнс. Цифровая обработка сигналов / Ричард Лойнс : Второе издание. . — М. : Бином-Пресс, 2006. — 656 с.

Науковий керівник: д.т.н., професор Куц Ю.В.